



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**KAJI SEJARAH PERUBAHAN KECEPATAN SUDUT TURBIN  
SAVONIUS DENGAN PERBEDAAN SELA ANTAR BUCKET  
PADA VARIASI BILANGAN REYNOLD**

**TUGAS AKHIR**

**PANCA ALLOY ATMA**

**L2E 006 072**

**FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN**

**SEMARANG  
SEPTEMBER 2011**

## TUGAS SARJANA

Diberikan kepada : Nama : Panca Alloy Atma

NIM : L2E 006 072

Dosen Pembimbing : Ir. Sudargana, MT

Jangka Waktu : 6 Bulan (enam bulan)

Judul : Kaji Sejarah Perubahan Kecepatan Sudut Turbin Savonius dengan Perbedaan Sela antar *Bucket* pada Variasi Bilangan *Reynold*

Isi Tugas : Melakukan pengujian turbin air rotor Savonius satu tingkat dengan perbedaan sela antar bucket pada variasi bilangan *Reynold* untuk mengetahui kecepatan sudut turbin Savonius tersebut.

Semarang, 26 September 2011

Menyetujui

Pembimbing



Ir. Sudargana, MT

NIP. 194811251986031002

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA : Panca Alloy Atma

NIM : L2E 006 072

Tanda Tangan : 

Tanggal : September 2011

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Panca Alloy Atma  
NIM : L2E 006 072  
Jurusan/ Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Kaji Sejarah Perubahan Kecepatan Sudut Turbin Savonius dengan Perbedaan Sela antar *Bucket* pada Variasi Bilangan *Reynold*

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.**

### TIM PENGUJI

Pembimbing : Ir. Sudargana, MT

Penguji : Dr. Ir. Nazaruddin Sinaga, MS

Penguji : Muchammad, ST, MT

Penguji : Ir. Budi Setiyana, MT

()  
()  
()  
()

Semarang, September 2011

Ketua  
Jurusan Teknik Mesin

  
Dr. Ir. Dipl Ing Berkah Fajar TK.

NIP. 195907221987031003

## **HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Panca Alloy Atma  
NIM : L2E 006 072  
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Tugas Akhir

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

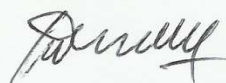
**“PENGARUH BILANGAN REYNOLD DAN PERBEDAAN SELA ANTAR BUCKET TERHADAP KECEPATAN PUTAR TURBIN AIR SAVONIUS SATU TINGKAT”**

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang  
Pada Tanggal : September 2011

Yang menyatakan



( Panca Alloy Atma )

## ABSTRAK

Seiring dengan pertumbuhan penduduk, pengembangan wilayah, dan pembangunan dari tahun ke tahun, kebutuhan akan pemenuhan energi listrik dan juga bahan bakar secara nasional pun semakin besar. Pemanfaatan sumber energi terbarukan menjadi solusi di masa datang untuk pemenuhan kebutuhan energi yang semakin lama semakin besar. Salah satu sumber energi terbarukan yang sangat berpotensi di negara kita adalah pemanfaatan energi air sungai. Karakteristik sungai di Indonesia ini adalah sungai yang landai dan arus sungainya juga tidak begitu deras, maka sangat memungkinkan untuk membuat pembangkit listrik tenaga air yang cocok untuk kondisi ini.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kecepatan putar turbin Savonius satu tingkat dengan perbedaan sela antar *bucket* pada variasi kecepatan arus air yang berbeda yaitu  $0,103 \text{ m/s}$ ,  $0,190 \text{ m/s}$  dan  $0,275 \text{ m/s}$ . Terdapat tiga buah model turbin Savonius yang diuji dengan perbedaan dimensi pada overlap antar *bucket* ( $1/6 d$ ,  $1/3 d$ ,  $1/2 d \text{ overlap}$ ). Tinggi ketiga model ini sama, yaitu sebesar  $10 \text{ cm}$ . Pengujian dilakukan pada saluran air dengan dimensi  $p \times l \times t = 10 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$ .

Dari hasil pengujian, turbin ini mampu berputar pada kecepatan sangat rendah, yaitu pada kecepatan aliran  $0,103 \text{ m/s}$ . Kecepatan putar pada setiap model turbin cenderung meningkat seiringnya kenaikan bilangan *Reynold*. Kecepatan putar terbaik dihasilkan oleh turbin Savonius dengan sela  $1,5 \text{ cm}$  ( $\frac{1}{6} d \text{ overlap}$ ) pada setiap variasi kecepatan aliran dengan memiliki kecepatan sudut paling maksimum sebesar  $3,60 \text{ rad/s}$  pada kecepatan aliran  $0,275 \text{ m/s}$  ( $Re = 45375$ ).

**Kata kunci : Energi terbarukan, Perbedaan Sela, Kecepatan Sudut, Savonius satu tingkat**

## ABSTRACT

*Along with population growth, regional development, and development from year to year, the need for supplying the electrical energy and also the national fuel is being greater. Utilization of renewable energy in the future is growth for solving the needed of energy. One source of renewable energy which has the highest potential in our country is the utilization of river water energy. The characteristics of rivers in Indonesia are the slow flow, the gentle river, and also not so heavy current, so it is possible to create hydroelectric power which are suitable for this condition.*

*This experiment are mean to determine the single stage Savonius turbine rotational speed with some variations of gap between bucket on the different water flow of 0.103 m/s, 0.190 m/s and 0.275 m/s. There are three models of Savonius turbines being tested with variations gap of bucket ( $1/6 d$ ,  $1/3 d$ ,  $1/2 d$  overlap). This third model are in the same high 10 cm. Tests performed on water channels with dimensions  $l \times w \times h = 10 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$ .*

*From the test results, this turbine can rotate at very low of water speeds, ie at a flow rate of 0,103 m/s. Rotational speed at each turbine model is likely increase along with the increase in Reynolds number. The maximum rotational speed is shown by the Savonius turbine with gap 1.5 cm ( $\frac{1}{6} d$  overlap) at any flow rate variation with a maximum possible angular velocity of 3.60 rad/s at a flow rate of 0.275 m/s ( $Re = 45375$ ).*

**Keywords:** *Renewable Energy, Difference of Gap, Angular Velocity, Single Stage Savonius Turbine*

## MOTTO

---

- ❖ *Tidak mungkin menyelesaikan masalah dengan tepat dan benar menggunakan cara orang lain dengan latar dan kondisi yang berbeda dari diri kita, percayalah bahwa kita sendirilah solusi terbaik untuk masalah kita.*



## **PERSEMBAHAN**

---

Tugas Sarjana ini kupersembahkan kepada:

- ❖ Kedua orang tua tercinta Bapak Wellington Freddy Purba dan Ibu Rosmawati Hutagalung, yang telah memberikan cinta, kasih dan sayangnya sepanjang masa serta doa restunya yang selalu menyertaiku.
- ❖ Saudara - saudaraku, W.R Maris Purba, Elpridawati Purba, David Purba, Dwi Andini Purba yang selalu memberikan inspirasi dan dukungan dalam menjalani hidup.
- ❖ Teman-teman angkatan 2006 yang selalu menjadi tempat canda dan tawa.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Kuasa atas rahmat, damai dan sejahtera-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya. Tugas Akhir yang berjudul **“Kaji Sejarah Perubahan Kecepatan Sudut Turbin Savonius dengan Perbedaan Sela antar *Bucket* pada Variasi Bilangan *Reynold*”** ini dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Pendidikan Tingkat Sarjana Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dorongan kepada penulis selama penyusunan Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Ir. Sudargana, MT selaku Dosen Pembimbing, yang telah memberikan bimbingan, pengarahan-pengarahan dan masukan-masukan kepada penyusun hingga terselesainya Tugas Akhir ini.
2. Ir. Sutarto Edhisono, Dipl. HE, MT selaku Kepala Laboratorium Pengaliran Fakultas Teknik Universitas Diponegoro yang telah memberikan ijin melakukan pengujian.
3. Serta beberapa pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Dengan penuh kerendahan hati, penulis menyadari akan kekurangan dan keterbatasan pengetahuan yang penulis miliki, untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak. Akhir kata semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semakin menambah kecintaan dan rasa penghargaan kita terhadap Teknik Mesin Universitas Diponegoro.

Semarang, September 2011

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN TUGAS SARJANA.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
MOTTO .....	viii
PERSEMBAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR .....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xix
NOMENKLATUR.....	xx
 BAB I PENDAHULUAN .....	 1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Metode Penelitian.....	3
1.5 Sistematika Penulisan .....	4
 BAB II LANDASAN TEORI .....	 5
2.1 Klasifikasi Aliran Fluida .....	5
2.1.1 Aliran Viscous dan Inviscid.....	5
2.1.2 Aliran <i>Compressible</i> dan Aliran <i>Incompressible</i> .....	6
2.1.3 Aliran Laminar dan Turbulen.....	7
2.1.4 Aliran Internal dan Aliran Eksternal.....	8
2.2 Persamaan Bernoulli .....	9
2.3 Bilangan Reynold .....	9
2.4 Gerak Rotasi Benda Tegar .....	10
2.4.1 Kecepatan Sudut.....	10
2.5 Daya Air .....	10
2.6 Klasifikasi Turbin Arus Air.....	11
2.7 Gambaran Umum Rotor Savonius .....	13
2.8 Variasi Geometri Rotor Savonius .....	15

2.8.1	Rotor Savonius dengan Dua Bucket.....	15
2.8.2	Rotor Savonius dengan Tiga Bucket atau Lebih .....	17
2.8.3	Rotor Savonius dengan bentuk heliks .....	18
2.9	Performasi Rotor Savonius.....	18
2.9.1	Rasio Overlap ( <i>overlap ratio</i> ) .....	19
2.9.2	Aspek Rasio ( <i>aspect ratio</i> ) .....	20
2.9.3	Jumlah <i>Bucket</i> .....	21
2.9.4	Tingkatan <i>Bucket</i> .....	22
2.9.5	Pengaruh Bilangan Reynold.....	23
2.10	Keunggulan dan Kekurangan Rotor Savonius .....	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		25
3.1	Diagram Alir Penelitian .....	25
3.2	Peralatan Pengujian .....	27
3.2.1	Turbin Rotor Savonius Model.....	27
3.2.2	Beban.....	28
3.2.3	Saluran Uji .....	28
3.2.4	<i>Current Meter</i> .....	29
3.2.5	<i>Tachometer</i> .....	30
3.2.6	<i>Stopwatch</i> .....	30
3.2.7	Pompa Sentrifugal.....	31
3.2.8	Mesin Diesel .....	31
3.3	Prosedur Pengujian .....	32
3.4	Skema Pengujian.....	33
3.5	Metodelogi Pengolahan Data .....	33
BAB IV DATA DAN ANALISA .....		35
4.1	Data Pengujian .....	35
4.2	Bilangan Reynold.....	38
4.3	Daya Air .....	39
4.4	Analisa Grafik .....	41
4.4.1	Kecepatan Putar Turbin Savonius pada Variasi Kecepatan .....	68

4.4.2	Analisa non Dimensional .....	71
4.4.3	Pembahasan.....	77
BAB V PENUTUP.....		78
5.1	Kesimpulan .....	78
5.2	Saran.....	78

DAFTAR PUSTAKA  
LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Klasifikasi aliran fluida .....	5
Gambar 2.2 Daerah aliran <i>inviscid</i> dan aliran <i>viscous</i> .....	6
Gambar 2.3 Aliran laminar, transisional, aliran turbulen.....	7
Gambar 2.4 Fluida mengalir melalui pipa.....	8
Gambar 2.5 Klasifikasi turbin arus air berdasarkan posisi sumbu rotor .....	11
Gambar 2.6 Turbin <i>axial-flow</i> .....	12
Gambar 2.7 Turbin <i>cross flow</i> .....	12
Gambar 2.8 Rotor Savonius dengan dua <i>bucket</i> .....	13
Gambar 2.9 Efisiensi kerja turbin angin konvensional pada umumnya.....	14
Gambar 2.10 Savonius dua <i>bucket</i> tanpa <i>overlap</i> .....	15
Gambar 2.11 Savonius dua <i>bucket</i> dengan <i>overlap</i> .....	16
Gambar 2.12 Savonius dua <i>bucket</i> bentuk " L " dengan <i>overlap</i> .....	16
Gambar 2.13 Savonius tiga <i>bucket</i> dan lima <i>bucket</i> .....	17
Gambar 2.14 Rotor Savonius berbentuk heliks.....	18
Gambar 2.15 Hubungan speed ratio turbin dengan koefisien power pada perbedaan jarak <i>overlap bucket</i> .....	19
Gambar 2.16 Hubungan speed ratio turbin dengan koefisien power pada perbedaan jarak <i>aspect ratio</i> .....	20
Gambar 2.17 Grafik koefisien power rotor dengan jumlah dua dan tiga <i>bucket</i> .....	21
Gambar 2.18 Koefisien daya terhadap speed ratio pada rotor satu tingkat dan tiga tingkat .....	22
Gambar 2.19 Pengaruh Bilangan Reynold pada koefisien daya dan koefisien pada rotor Savonius yang dimodifikasi .....	23
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	25
Gambar 3.2 Diagram alir penelitian lanjutan .....	26
Gambar 3.3 Model turbin Savonius yang Diuji .....	28
Gambar 3.4 Dudukan beban dan ring pembebanan .....	28
Gambar 3.5 Saluran pengujian .....	29
Gambar 3.6 <i>Current meter</i> .....	29
Gambar 3.7 <i>Tachometer</i> .....	30
Gambar 3.8 <i>Stopwatch</i> .....	30
Gambar 3.9 Pompa sentrifugal.....	31
Gambar 3.10 Mesin diesel.....	31
Gambar 3.11 Skema pengujian .....	33
Gambar 4.1 Grafik regresi hubungan $\omega - t$ pada turbin sela 1,5 cm dengan $V = 0,103$ m/s .....	41
Gambar 4.2 Grafik regresi hubungan $\omega - t$ pada turbin sela 1,5 cm dengan $V = 0,103$ m/s dengan $R^2 > 0,95$ .....	43
Gambar 4.3 Grafik regresi hubungan $\omega - t$ pada turbin sela 3 cm dengan $V = 0,103$ m/s .....	44
Gambar 4.4 Grafik regresi hubungan $\omega - t$ pada turbin sela 3 cm dengan $V = 0,103$ m/s dengan $R^2 > 0,95$ .....	46
Gambar 4.5 Grafik regresi hubungan $\omega - t$ pada turbin sela 4,5 cm	

dengan $V = 0,103$ m/s .....	47
Gambar 4.6 Grafik regresi hubungan $\omega - t$ pada turbin sela 4,5 cm dengan $V = 0,103$ m/s dengan $R^2 > 0,95$ .....	49
Gambar 4.7 Grafik regresi hubungan $\omega - t$ pada turbin sela 1,5 cm dengan $V = 0,190$ m/s .....	50
Gambar 4.8 Grafik regresi hubungan $\omega - t$ pada turbin sela 1,5 cm dengan $V = 0,190$ m/s dengan $R^2 > 0,95$ .....	52
Gambar 4.9 Grafik regresi hubungan $\omega - t$ pada turbin sela 3 cm dengan $V = 0,190$ m/s .....	53
Gambar 4.10 Grafik regresi hubungan $\omega - t$ pada turbin sela 3 cm dengan $V = 0,190$ m/s dengan $R^2 > 0,95$ .....	55
Gambar 4.11 Grafik regresi hubungan $\omega - t$ pada turbin sela 4,5 cm dengan $V = 0,190$ m/s .....	56
Gambar 4.12 Grafik regresi hubungan $\omega - t$ pada turbin sela 4,5 cm dengan $V = 0,190$ m/s dengan $R^2 > 0,95$ .....	58
Gambar 4.13 Grafik regresi hubungan $\omega - t$ pada turbin sela 1,5 cm dengan $V = 0,275$ m/s .....	59
Gambar 4.14 Grafik regresi hubungan $\omega - t$ pada turbin sela 1,5 cm dengan $V = 0,275$ m/s dengan $R^2 > 0,95$ .....	61
Gambar 4.15 Grafik regresi hubungan $\omega - t$ pada turbin sela 3 cm dengan $V = 0,275$ m/s .....	62
Gambar 4.16 Grafik regresi hubungan $\omega - t$ pada turbin sela 3 cm dengan $V = 0,275$ m/s dengan $R^2 > 0,95$ .....	64
Gambar 4.17 Grafik regresi hubungan $\omega - t$ pada turbin sela 4,5 cm dengan $V = 0,275$ m/s .....	65
Gambar 4.18 Grafik regresi hubungan $\omega - t$ pada turbin sela 4,5 cm dengan $V = 0,275$ m/s dengan $R^2 > 0,95$ .....	67
Gambar 4.22 Grafik hubungan $\omega - t$ pada turbin dengan perbedaan sela pada variasi kecepatan aliran $v = 0,103$ m/s.....	68
Gambar 4.23 Grafik hubungan $\omega - t$ pada turbin dengan perbedaan sela pada variasi kecepatan aliran $v = 0,190$ m/s.....	69
Gambar 4.24 Grafik hubungan $\omega - t$ pada turbin dengan perbedaan sela pada variasi kecepatan aliran $v = 0,275$ m/s.....	70
Gambar 4.25 Grafik hubungan tip speed ratio dengan bilangan Reynold Pada perbedaan sela turbin yang diuji, $v = 0,103$ m/s.....	74
Gambar 4.26 Grafik hubungan tip speed ratio dengan bilangan Reynold Pada perbedaan sela turbin yang diuji, $v = 0,190$ m/s.....	75
Gambar 4.27 Grafik hubungan tip speed ratio dengan bilangan Reynold Pada perbedaan sela turbin yang diuji, $v = 0,190$ m/s.....	76

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Pengujian Putaran Turbin Savonius Sela 1,5 cm pada Kecepatan Aliran 0,103 m/s dalam 5x Pengujian. ....	35
Tabel 4.2 Data Pengujian Putaran Turbin Savonius Sela 3 cm pada Kecepatan Aliran 0,103 m/s dalam 5x Pengujian.....	35
Tabel 4.3 Data Pengujian Putaran Turbin Savonius Sela 4,5 cm pada Kecepatan Aliran 0,103 m/s dalam 5x Pengujian. ....	36
Tabel 4.4 Data Pengujian Putaran Turbin Savonius Sela 1,5 cm pada Kecepatan Aliran 0,190 m/s dalam 5x Pengujian. ....	36
Tabel 4.5 Data Pengujian Putaran Turbin Savonius Sela 3 cm pada Kecepatan Aliran 0,190 m/s dalam 5x Pengujian .....	36
Tabel 4.6 Data Pengujian Putaran Turbin Savonius Sela 4,5 cm pada Kecepatan Aliran 0,190 m/s dalam 5x Pengujian .....	37
Tabel 4.7 Data Pengujian Putaran Turbin Savonius Sela 1,5 cm pada Kecepatan Aliran 0,275 m/s dalam 5x Pengujian .....	37
Tabel 4.8 Data Pengujian Putaran Turbin Savonius Sela 3 cm pada Kecepatan Aliran 0,275 m/s dalam 5x Pengujian .....	37
Tabel 4.9 Data Pengujian Putaran Turbin Savonius Sela 4,5 cm pada Kecepatan Aliran 0,275 m/s dalam 5x Pengujian .....	38



## NOMENKLATUR

$A$	luas rotor	$\text{m}^2$
$C_d$	<i>drag coefficient</i>	-
$C_p$	koefisien daya	-
$C_t$	koefisien torsi	-
$d$	diameter <i>bucket</i>	m
$s$	sela <i>bucket</i>	m
$F$	gaya normal	N
$g$	percepatan gravitasi	$\text{m/s}^2$
$H$	tinggi <i>bucket</i>	m
$L$	panjang karakteristik	m
$P$	daya	Watt
$r$	radius	m
$Re$	bilangan Reynold	-
$V$	kecepatan aliran fluida	m/s
$X$	rasio kecepatan turbin	-
$\alpha$	percepatan sudut	$\text{rad/s}^2$
$\gamma$	berat jenis zat	$\text{N/m}^3$
$\lambda$	<i>tip speed ratio</i>	-
$\mu$	viskositas dinamik	$\text{N.s/m}^2$
$\nu$	viskositas kinematik	$\text{m}^2/\text{s}$
$\rho$	massa jenis	$\text{kg/m}^3$

$\tau$	tegangan geser	N/m <sup>2</sup>
$\omega$	kecepatan sudut	rad/s